

***А. К. Вяткина<sup>\*</sup>, Т. Ш. Ахмедова***

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва

<sup>\*</sup> *annakvyatkina@yandex.ru*,

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *А. В. Кудря*

## ВЫБОР МАСШТАБА ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГЕОМЕТРИИ СТРУКТУР ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Зарубежные покрытия на рабочие органы сельскохозяйственной техники обладают более высоким комплексом свойств по сравнению с отечественными. Для получения отечественных аналогов необходимо накопление статистики измерения геометрии разнородных структур и последующее изучение механизмов их износа и разрушения. В этих целях эффективно использование быстрых компьютеризированных процедур. Для их метрологического обеспечения, в частности, важно оценить масштаб полей зрения, позволяющий получить воспроизводимые характеристики геометрии структуры.

*Ключевые слова:* твердые сплавы, градиентные структуры, неоднородные структуры, однородные структуры, компьютеризированные процедуры обработки изображений, масштаб поля зрения.

***А. К. Vyatkina, T. Sh. Akhmedova***

## SELECTING THE SIZE OF THE FIELD OF VISION FOR MEASURING THE GEOMETRY OF HARD ALLOYS STRUCTURES

Foreign hard surfacing, using in agricultural machinery have a higher complex of properties than domestic ones. To obtain domestic analogs, it is necessary to accumulate statistics on the measurement of the geometry of heterogeneous structures and the subsequent study of the mechanisms of their wear and tear. Therefore, it is effective to use fast computerized procedures. To make measurements correct, it is important to select the size of the fields of vision.

*Keywords:* hard alloys, gradient structures, heterogenous structures, homogenous structures, computerized procedures for image processing, field of vision.

В качестве объекта исследования были использованы изображения структур серийных твердых сплавов на основе железа и никеля, используемых в качестве наплавов на рабочие органы сельскохозяйственной техники. Структуры наплавов были получены на оптическом микроскопе Axio Observer D1m Carl Zeiss с оптическим увеличением 500 крат. Для исследования были получены панорамные

изображения покрытий в масштабах толщины образца («склейка» панорам была произведена в программе Tixomet).

В структуре наплавов наблюдалась выраженная градиентность – три слоя по её толщине (толщина наплавов варьировалась от 2,0 до 3,2 мм): периферийный, промежуточный и переходный. В этих слоях в свою очередь можно было наблюдать как однородную, так и мезонеоднородную структуры.

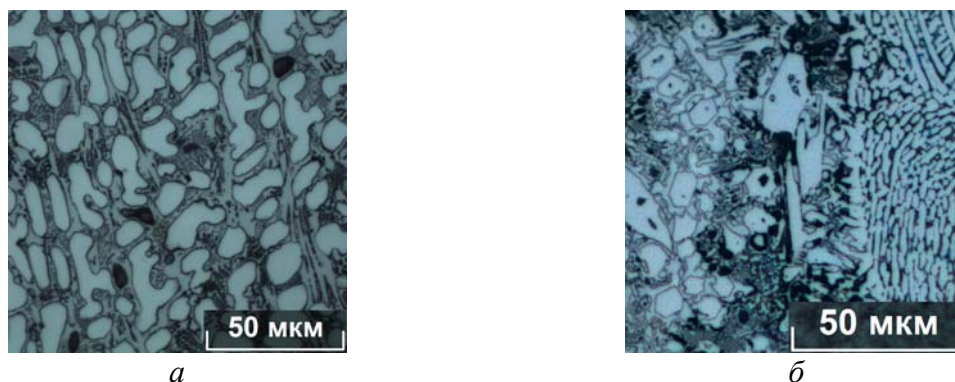


Рис. 1. Типичные изображения исследуемых структур твёрдых сплавов:  
*a* – однородная структура; *б* – неоднородная структура

Из каждой панорамы была выделены фрагменты изображения, отвечающие отдельным слоям градиентной структуры. Каждый из слоев был бинаризован. Уровень бинаризации определялся по точке перегиба на логарифмической зависимости площади объектов (карбидов, боридов, дендритов итд), от их периметра, полученной при последовательном варьировании порога бинаризации изображения в 256 оттенках серого с шагом  $k = 1$  [1]. Далее проводилось последовательное увеличение площади анализируемого поля зрения в одном или в двух направлениях.

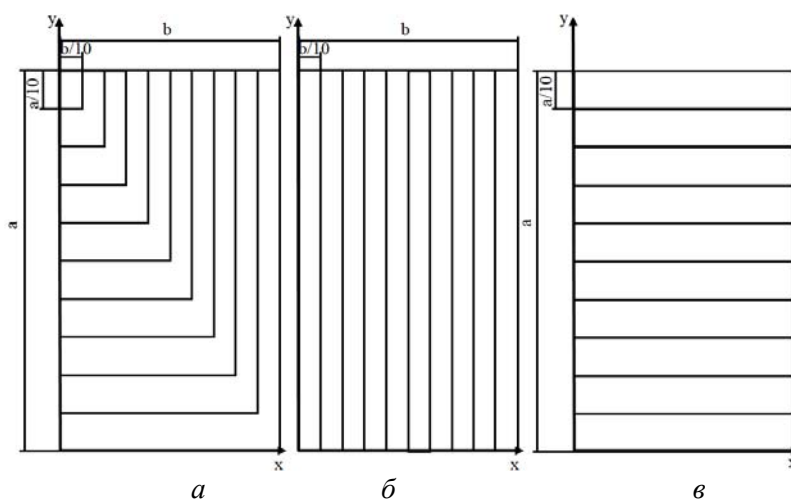


Рис. 2. Последовательность увеличения площади поля зрения изображения структуры:  
*a* – в направлении  $x$  и  $y$ ; *б* – в направлении  $x$ , при постоянном  $y$ ;  
*в* – в направлении  $y$ , при постоянном  $x$

При использовании способа *a* (рис. 2 (*a*)), панорама была нарезана в 4 направлениях, берущих начало в точках *A*, *B*, *C* и *D*, соответственно (рис. 3).

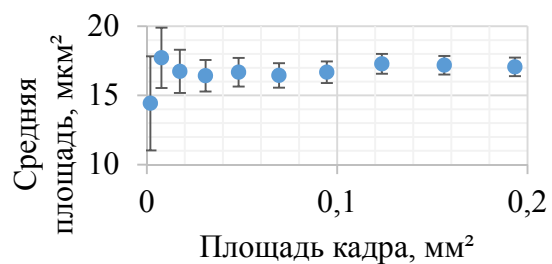
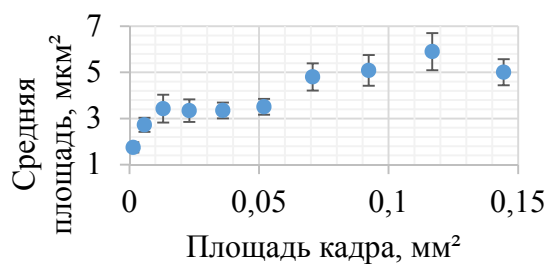


Рис. 3 Схематичное изображение исследуемого образца

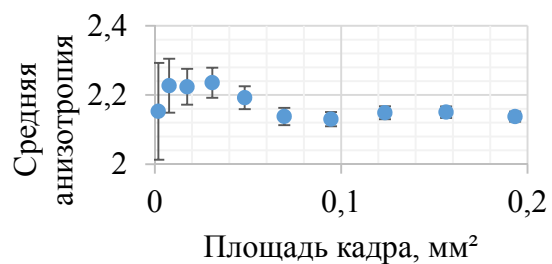
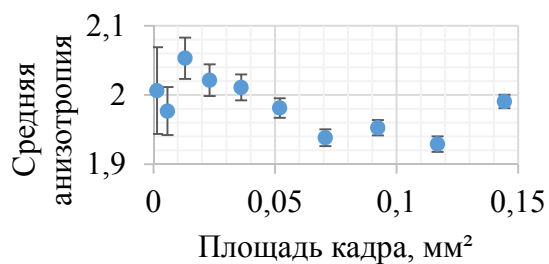
Каждый из полученных кадров был обработан при помощи компьютеризированных процедур [2, 3], с целью получения зависимости площади белых объектов, их анизотропии и плотности, доли белого в кадре, от размера кадра и поля зрения. (рис. 4).

Для однородных микроструктур твердых сплавов выявлено существование минимального размера кадра для обеспечения получения воспроизводимых геометрических характеристик его структуры (при обоих способах варьирования площади кадра). Для структур с выраженной микроструктурной неоднородностью выхода геометрических характеристик на насыщение не наблюдалось, по крайней мере, в масштабах толщины наплавки. Это означает, что объективное измерение такого рода структур возможно в масштабах наплавки.

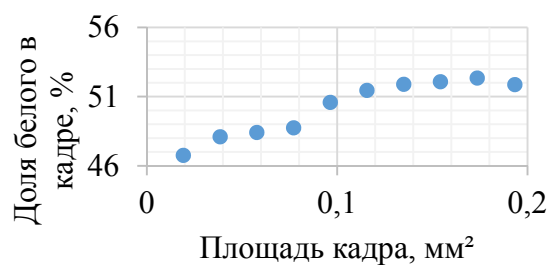
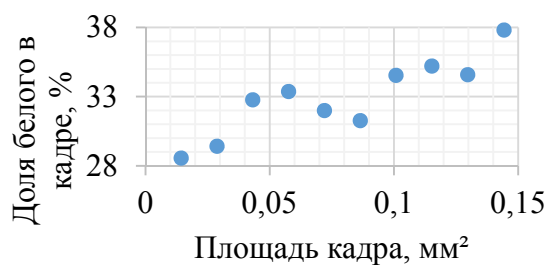
Полученные результаты в целом указывают на необходимость учета размера кадра как одной из характеристик метрологического обеспечения компьютеризированных процедур измерения структур в материаловедении, что существенно не только для сталей, но и для твердых сплавов, используемых в качестве наплавки на рабочие органы сельскохозяйственной техники. Полученные результаты могут быть также полезны при анализе закономерностей строения изломов в целях оценки риска преждевременного разрушения и износостойкости твердых сплавов как среды с разнородной структурой.



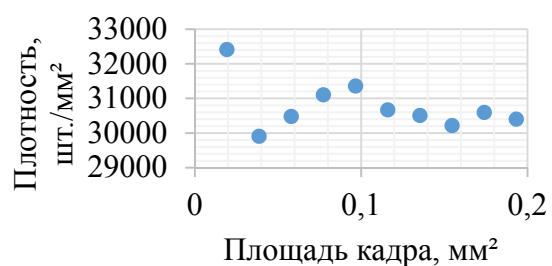
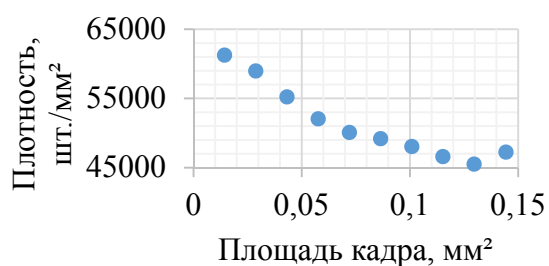
*a*



*б*



*в*



*г*

Рис 4. Зависимость исследуемых параметров от размера кадра для мезонеоднородных и однородных структур соответственно: *a* – площадь белого (схема вырезки *a*); *б* – анизотропия белых объектов (схема вырезки *a*); *в* – доля белого в кадре (схема вырезки *б*); *г* – плотность белых объектов (схема вырезки *в*)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколовская Э. А. О воспроизводимости результатов измерений структур и изломов с использованием компьютеризированных процедур / Э. А. Соколовская // Вопросы материаловедения. 2013. № 4. С. 143–153.
2. Неоднородность структур и разрушение твердых сплавов на основе железа и их измерение / А. В. Кудря [и др.] // Электromеталлургия. 2017. № 6. С. 32–40.
3. Использование компьютеризированных процедур для оценки неоднородности структур твердых сплавов / А. В. Кудря [и др.] // Metallurg. 2016. № 12. С. 77–80.